

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-225891

(43)公開日 平成8年(1996)9月3日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 2		C 2 2 C 38/00	3 0 2 Z
33/02	1 0 3		33/02	1 0 3 G
33/04			33/04	L
38/28			38/28	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-29320

(22)出願日 平成7年(1995)2月17日

(71)出願人 000224754

動力炉・核燃料開発事業団

東京都港区赤坂1丁目9番13号

(71)出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 鹿倉 栄

茨城県那珂郡東海村大字村松4番地33 動力炉・核燃料開発事業団東海事業所内

(74)代理人 弁理士 広瀬 章一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 再結晶組織を有する酸化物分散強化型フェライト鋼とその製造方法

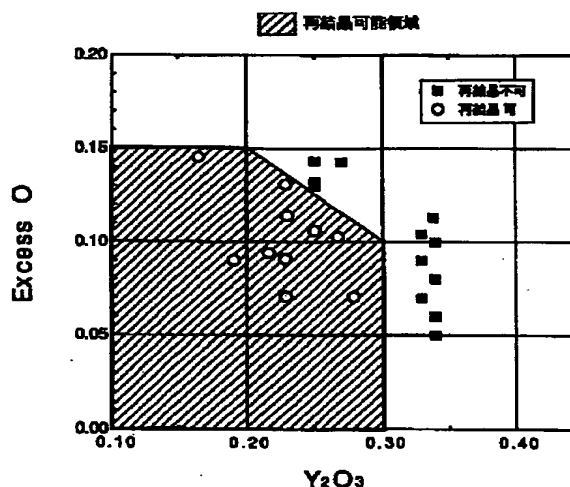
(57)【要約】

【目的】 耐スエリング性と高温内圧クリープ強度 (650℃、10000h破断強度:190MPa以上) に優れ、周方向延性(800℃以下の周方向一様伸び:1%以上)を有する酸化物分散強化型フェライト鋼を提供する。

【構成】 イットリウムをFe-Crを主体とする金属母相内に分散させた酸化物分散強化型フェライト鋼において、イットリウムと過剰酸素量 (Excess O) を、重量%で、下記範囲にくるようにする。

$$0.10\% < Y_2O_3 \leq 0.30\%$$

$$0.03\% \leq \text{Excess O} \leq 0.15\%$$

$$\text{Excess O} \leq 0.25 - 0.5 \times Y_2O_3 (\%)$$


【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、Cr: 7~18%、 $1/2W+Mo$: 0.1~3%、Ti: 0.10~1.0%、残部Feおよび不可避不純物からなるFe-Crを主体とするフェライト系金属母相内にイットリウムを分散させた酸化物分散強化型フェライト鋼において、イットリウムと過剰酸素量 (Excess O) が、重量%で、

$$0.10\% < Y_2O_3 \leq 0.30\%$$

$$0.03\% \leq \text{Excess O} \leq 0.15\%$$

$$\text{Excess O} \leq 0.25 - 0.5 \times Y_2O_3 (\%)$$

の範囲にあり、かつ、再結晶組織を有することを特徴とする内圧クリープ強度と延性に優れた酸化物分散強化型フェライト鋼。ここで、過剰酸素量とは全酸素量 (Total O) からイットリウム (Y_2O_3) としてイットリウムと結合している酸素 (O in Y_2O_3) を計算上除いた酸素量 ($[\text{Excess O}] = [\text{Total O}] - [\text{O in } Y_2O_3]$) を云う。

【請求項2】 重量%で、Cr: 7~18%、 $1/2W+Mo$: 0.1~3%、Ti: 0.10~1.0%、残部Feおよび不可避不純物からなるFe-Crを主体とするフェライト系金属母相内にイットリウムを分散させた酸化物分散強化型フェライト鋼の製造方法において、イットリウムと過剰酸素量 (Excess O) を重量%で

$$0.10\% < Y_2O_3 \leq 0.30\%$$

$$0.03\% \leq \text{Excess O} \leq 0.15\%$$

$$\text{Excess O} \leq 0.25 - 0.5 \times Y_2O_3 (\%)$$

の範囲に調整するとともに1300℃以下で再結晶熱処理を行うことを特徴とする内圧クリープ強度と延性に優れた酸化物分散強化型フェライト鋼の製造方法。ここで、過剰酸素量とは請求項1で定義する通りである。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、酸化物分散強化型フェライト鋼およびその製造方法に関する。より詳述すれば、原子炉、特に高速増殖炉の炉心環境で長時間使用される炉心構成要素 (例えば燃料被覆管やラッパ管からなる燃料集合体、制御棒、反射体等) や機器構造物 (例えば、機器容器部材、冷却系配管部材) などの優れた耐中性子照射特性を必要とする部材用の酸化物分散強化型フェライト鋼およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より高速増殖炉の炉心構成部材としては、SUS316、あるいはSUS316の耐照射特性を改善したオーステナイト系鋼の改良鋼 (以下、PNC316と呼ぶ) や、その高Ni化を図った鋼 (例えば、PNC1520 のような15Cr-20Ni鋼) が用いられている。なお、高速増殖炉の原型炉『もんじゅ』ではPNC316が用いられている。

【0003】 しかし、オーステナイト系鋼は高温強度は優れているが、耐スエリング性や照射クリープ特性など高速中性子に対する耐久性に限界があり、実用炉に必要な燃料の長寿命化を達成するには適していないことが明

らかになっている。現在、オーステナイト系鋼の耐中性子照射特性の改善のための材料開発の努力がなされている。

【0004】 一方、フェライト系鋼は耐中性子照射特性に優れているものの、高温強度が劣っており、原子炉の燃料被覆管のような高温かつ高負荷 (内圧応力) が加わる部材には適していないことがわかっている。

【0005】 そこでフェライト系鋼の高温強度を改善するためにフェライト系鋼中に微細な酸化物粒子を分散させた酸化物分散強化型フェライト鋼が優れた耐中性子性と高温強度を有する材料として期待され、研究開発がなされている。現状ではMA957 (14Cr-0.3 Mo-1 Ti-0.25 Y_2O_3) や PNC-ODS (13Cr-3 W-0.5 Ti-0.35 Y_2O_3) が開発されている。しかし、加工性や機械的特性 (延性、内圧クリープ破断強度等) に問題がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 酸化物分散強化型フェライト鋼は、鋼中に微細な酸化物粒子 (例えば、 Y_2O_3) を分散させた鋼である。この微細な酸化物粒子が転位の動きを抑制することにより優れた高温強度を得ている。しかしながら、このような微細な酸化物粒子は転位の動きを抑えているために同時に回復および再結晶を起こしにくい性質も有している。

【0007】 従って、加工すればするほど加工硬化し、十分な回復が行われず加工困難となる。このため、従来鋼 (PNC-ODS, MA957等) では、被覆管のような管に加工する場合、温間加工を適用しなければならなかった。しかも、温間加工を適用しても製造時には割れが多発し、試作した被覆管には傷が多く、歩留まりは非常に低い。

【0008】 また、このように時間と費用をかけて被覆管を製作しても、再結晶を起こさないため加工と共に結晶粒は非常に伸張し、例えば図4(a)、(b)の顕微鏡組織写真に示すように竹のような繊維状組織となる。なお、図4(a)、(b)はそれぞれ倍率が違うだけで同一の組織の写真である。このような繊維状組織 (以下、竹状組織という) を有する被覆管ではクリープ破断強度の異方性 (単軸クリープ破断強度と内圧クリープ破断強度の差) が大きいことがわかっている。すなわち、単軸クリープ破断強度は非常に優れているが、内圧クリープ破断強度は単軸クリープ破断強度の半分程度である。さらにこのような被覆管の周方向一様伸びは400℃付近で低下し、被覆管のような原子力用の管材には改善が必要であることが明らかとなっている。

【0009】 本発明は、以上のような問題点を解決し、耐スエリング性と高温内圧クリープ強度 (650℃、10000h破断強度: 190MPa以上) に優れ、400℃付近の周方向延性 (800℃以下の周方向一様伸び: 1%以上) を有する酸化物分散強化型フェライト鋼とその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者が、種々の試作および評価を行い、それらを基に鋭意研究した結果、問題となっている酸化物分散強化型フェライト鋼の内圧クリープ破断強度は、加工により伸張した竹状組織に起因することをつきとめ、方向性の少ない再結晶組織とすることで解決を図ることができることを知った。

【0011】さらに、本発明者は、酸化物分散強化型フェライト鋼は複合酸化物の形成を通してTiと酸素が重要な役割を演じており、このTiと酸素および Y_2O_3 量が加工性や再結晶特性に大きく影響を及ぼすことに着目した。そして過剰酸素濃度と Y_2O_3 量に注目し、1300℃以下という従来と比較してかなり低い温度で再結晶組織が生成可能な範囲を特定できることを知り、本発明を完成した。

【0012】もちろん、そのように特定した領域の範囲外においても1350℃以上の高温で熱処理を行えば再結晶可能であるが、その場合、酸化物粒子が粗大化し、酸化物による分散強化の機能が著しく低下するので、再結晶組織とした意義が失われる。望ましくは再結晶熱処理は1250℃以下で行うのが良い。ここに、本発明は、下記の通りである。

【0013】(1) 重量%で、Cr: 7~18%、 $1/2W+Mo$: 0.1~3%、Ti: 0.10~1.0%、残部がFeおよび不可避不純物からなるFe-Crを主体とするフェライト系金属母相内にイットリアを分散させた酸化物分散強化型フェライト鋼において、イットリアと過剰酸素量 (Excess O) が、重量%で、

$$0.10\% < Y_2O_3 \leq 0.30\%$$

$$0.03\% \leq \text{Excess O} \leq 0.15\%$$

$$\text{Excess O} \leq 0.25 - 0.5 \times Y_2O_3 (\%)$$

の範囲にあり、かつ、再結晶組織を有することを特徴とする酸化物分散強化型フェライト鋼。

【0014】ここで、過剰酸素量とは全酸素量 (Total O) からイットリア (Y_2O_3) としてイットリウムと結合している酸素 (O in Y_2O_3) を計算上除いた酸素量 ($[\text{Excess O}] = [\text{Total O}] - [\text{O in } Y_2O_3]$) を云う。

【0015】(2) 重量%で、Cr: 7~18%、 $1/2W+Mo$: 0.1~3%、Ti: 0.10~1.0%、残部がFeおよび不可避不純物からなるFe-Crを主体とするフェライト系金属母相内にイットリアを分散させた酸化物分散強化型フェライト鋼の製造方法において、イットリアと過剰酸素量 (Excess O) を、重量%で、

$$0.10\% < Y_2O_3 \leq 0.30\%$$

$$0.03\% \leq \text{Excess O} \leq 0.15\%$$

$$\text{Excess O} \leq 0.25 - 0.5 \times Y_2O_3 (\%)$$

の範囲に調整するとともに1300℃以下で再結晶熱処理を行うことを特徴とする内圧クリープ強度と延性に優れた酸化物分散強化型フェライト鋼の製造方法。

【0016】ここで、過剰酸素量とは(1)で定義する通りである。

【0017】

【作用】次に、本発明について詳細に説明する。なお、本明細書において、特にことわりがないかぎり、「%」は「重量%」である。本発明にかかる鋼は、Fe-Cr- Y_2O_3 系フェライト鋼を主体とし、過剰酸素量を制限し、組織を再結晶組織とすることを特徴としている。

【0018】図1は、後述する実施例に示す各種酸化物分散強化型フェライト鋼について過剰酸素量と Y_2O_3 量との関係において1300℃以下で熱処理したときの再結晶組織の領域を示すグラフであり、図中、斜線領域が再結晶組織の領域である。

【0019】従来は、過剰酸素量との概念さらにそれと再結晶現象との関連は全く知られることはなかったが、過剰酸素量は0.15%超、 Y_2O_3 量もほぼ0.40%以上であった。なお、本発明において「過剰酸素量」および「 Y_2O_3 量」はいずれもイットリウム (Y) 分析値から求めた計算値である。

【0020】 Y_2O_3 は分散強化の主役であり、重要な添加物である。多く添加すればするほど加工方向の強度は高くなるが、反面、回復や再結晶を起こしにくくなり、また、加工性も低下する。0.30%超の Y_2O_3 を添加した材料を加工すると、加工とともに結晶粒は伸張し、竹状組織となる。この竹状組織を有する酸化物分散強化型フェライト鋼 (ODSフェライト鋼) は、強度の異方性が大きく、加工方向と直角な方向 (例えば被覆管の場合は内圧クリープ破断強度) では強度が向上しない。

【0021】従って、 Y_2O_3 は再結晶するような量に制限する必要がある。0.30%以下であれば再結晶可能であるのでこれを上限とする。また、0.10%以下の場合、比較的再結晶は容易であるが、分散強化の効果が小さく、強度が低い。したがって、本発明において下限を0.10%超とする。

【0022】過剰酸素量はTiと同様、酸化物粒子の微細化に重要な役割を果たす。複合酸化物 ($Y_2Ti_2O_7$, Y_2TiO_6) を形成する際にTiだけでなく、酸素も必要とされるからである。しかし、酸化物粒子の微細化とともに酸化物の粒子数は増加し、転位の動きを抑制するので、再結晶もしにくくなる。また、余分な介在物の原因にもなり、加工性を低下させる。過剰酸素量が0.15%以下の範囲であれば再結晶可能であるのでこれを上限とする。好ましくは0.13%以下である。一方、0.03%未満であると強度がでないためこれを下限とする。より好ましくは0.04~0.11%である。

【0023】しかしながら、 Y_2O_3 量が0.20~0.30%の範囲内にあっては、 $\text{Excess O} \leq 0.25 - 0.5 \times Y_2O_3$ の範囲を外れると1300℃以下の加熱処理では再結晶組織を得ることができないため、上記式を満足する範囲内とする。

【0024】このように、本発明にあって過剰酸素量と Y_2O_3 量とが上述の範囲に限定されるが、そのときの母相の金属成分は、重量%で、Cr: 7~18%、 $1/2W+Mo$: 0.

1～3%、Ti:0.10～1.0%、残部がFeおよび不可避不純物から成る。

【0025】その他の成分としてC、Si、Mnなどが考えられるが、それらは通常不純物量として存在し、所望によりそれらを添加する場合にあってもそれぞれ、0.1%以下、0.5%以下、そして1.0%以下程度であれば十分である。以下、本発明において母相鋼組成を上述のように限定する理由について説明する。

【0026】Cは、ある程度は不可避免的に存在するとともに機械的合金化処理の際に鋼球や容器等から混入する。一方、Cはフェライト鋼においても強度改善効果を果たす場合もあって積極的に添加することがあり、そのためにはCは、0.1%程度までは許容されるが、通常は不純物として可及的少量とする。

【0027】Siは、所望により脱酸剤として添加されるが、その場合にも0.5%を越えると照射中に有害な金属間化合物が析出しやすくなり、脆化をもたらす。また、酸化物粒子(Y_2O_3)と反応し、酸化物粒子を凝集させ、強度を著しく低下させる。従って、0.5%以下とする。好ましくは0.1%以下である。

【0028】Mnは、脱酸剤として、また熱間加工性を改善するために必要により添加するが、1.0%を超えて添加すると硬化相を形成し、靱性、加工性を損なう。したがって、Mn含有量は1.0%以下とする。

【0029】Crは、耐ナトリウム腐食性、脱炭抵抗性を向上させるために不可欠な成分であり、そのためには7%以上が必要である。しかし、18%を越えると、組織を不安定にし、高温長時間の時効処理では脆化しやすくなる。特に、中性子照射下ではCrを主体とする α' 相により脆化することが知られている。従って、Cr量は7～18%の範囲とする。好ましくは7～14%である。

【0030】MoとWは、固溶強化元素として重要である。そのためにはMo当量($Mo+1/2W$)で0.1%以上を必要とするが、しかし、3.0%超添加すると μ 相($Fe_3(Mo, W)_7$)やラーベス($Fe_2(Mo, W)$)相が生じ、延性を低下させる。従って、($Mo+1/2W$)量は、0.1%以上3.0%以下とする。

【0031】Tiは Y_2O_3 の分散強化に重要な役割を果たす。Tiは Y_2O_3 と反応して $Y_2Ti_2O_7$ または Y_2TiO_5 という複合酸化物を形成し、酸化物粒子を微細化させる働きがある。この作用はTiが1.0%超で飽和する傾向があるため、1.0%を上限とする。また、0.10%未満では微細化作用が小さいため0.10%を下限とする。

【0032】Niは靱性を向上させるのに有効であり、必要により添加される。しかし、2.0%超添加すると照射中にオーステナイトに変化し、その部分がスエリングする。従ってNiの添加は本発明において2.0%以下に制限される。

【0033】本発明にかかる酸化物分散強化型フェライト鋼の製造に際しては、過剰酸素量およびイットリウム量

を前述の通り規定するとともに1300℃以下の再結晶処理を行う限りにおいて特定の方法に制限されないが、例えばそれぞれの原料粉末を用意してからいわゆるメカニカルアロイングによって酸化物の形成、あるいは合金化を図って粉末組成を調整してから、次いで、成形、焼結の工程を経てから1300℃以下で再結晶処理して製造される。このような製造方法については従来技術に従えばよい。

【0034】ところで、従来にあっても、冷間加工で仕上げることににより耐スエリング性を改善できることが知られており、例えばPNC316においても20%程度の冷間加工が施されている。しかし、本発明の場合、特に圧下率で50%超の冷間加工はクリーブ破断強度の異方性を増加させるので、従って、50%以下の加工率の冷間加工で仕上げられた酸化物分散強化型フェライト鋼は特に耐スエリング性の点で優れている。次に、実施例によって本発明の作用効果をさらに具体的に説明する。

【0035】

【実施例】

20 (実施例1)合金粉末と酸化物粉末(Y_2O_3)、また、過剰酸素量を調整するために Fe_2O_3 粉末を機械的合金化処理(メカニカル・アロイング)し、押出用カプセルに充填した後、400℃にて脱気・密封し、1150℃で熱間押出した。押出された棒材は、60%冷間加工し、1200℃で熱処理した。本発明鋼の場合は1200℃でも再結晶が行われた。供試材および比較材(PNC-ODS, MA957)の成分を表1に示す。

30 【0036】図2に650℃でのクリーブ破断試験特性を示す。1200℃では再結晶しないPNC-ODS1, PNC-ODS2, MA957はクリーブ破断強度の異方性が著しく大きい。一方、発明鋼1は1200℃で再結晶が行われたためクリーブ破断強度の異方性が従来材よりも低く、かつ、被覆管の性能の1つの指標となる内圧クリーブ破断強度は従来鋼より酸化物粉末(Y_2O_3)量が少ないにもかかわらず高くなっている。

40 【0037】図3は周方向一様伸びの試験結果を示し、これからも分かるように被覆管として必要とされる周方向一様伸びは従来材では400℃付近で低下しているのに対し、本発明鋼では400℃においても良好な延性を有していることがわかる。

【0038】(実施例2)実施例1と同様な方法にて分散強化型フェライト鋼を作製し、過剰酸素量と Y_2O_3 量との関係を調べた。ただし、熱処理温度は1300℃以下とした。1350℃以上では0.30%以上の酸化物添加量でも再結晶するが、酸化物粒子が粗大化し、強度が極端に低下するからである。

50 【0039】成分分析値と結果を表2および表3、ならびに図1に示す。ただし、この中には実施例1の本発明鋼1の結果を含んでいる。これらの結果より、重量%

$0.10\% < Y_2O_3 \leq 0.30\%$

$0.03\% \leq \text{Excess O} \leq 0.15\%$

$\text{Excess O} \leq 0.25 - 0.5 \times Y_2O_3 (\%)$

の範囲においては1300℃以下の温度で再結晶可能であることがわかる。

【0040】図4は、それぞれ金属組織写真であり、図4(a)は、従来の竹状組織、図4(b)はその拡大図、図*

*4(c)は本発明にかかる発明鋼2の再結晶組織、そして図4(d)はその拡大図である。本発明によれば従来の竹状組織が消え、再結晶組織が形成されることから、クリープ破断強度の異方性が解消されるのが分かる。

【0041】

【表1】

ODSフェライト鋼の成分分析値

符 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti	Mo	W	N	O (Ex.O)	Y (Y_2O_3)
PNC-CBS1	0.045	0.019	0.013	<0.005	0.001	0.16	12.87	0.52	<0.1	2.81	0.015	0.186(0.113)	0.27 (0.34)
PNC-ODS2	0.09	0.05	0.03	0.003	0.002	0.15	10.98	0.4	<0.1	2.87	0.014	0.204(0.119)	0.315(0.40)
MA957	0.014	<0.1	0.06	<0.005	0.007	0.26	14.29	0.99	0.30	<0.1	0.036	0.20 (0.143)	0.21 (0.27)
発明鋼1	0.013	0.027	0.033	<0.005	0.002	0.049	12.35	0.43	<0.1	2.05	0.006	0.12 (0.071)	0.18 (0.23)
備 考	$(Y_2O_3) = Y \times 1.27$ $(\text{Ex.O}) = O - Y \times 0.27$												

【0042】

※ ※【表2】

ODSフェライト鋼の成分分析値

符 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti	Mo	W	N	O (Ex.O)	Y (Y_2O_3)
従来鋼1	0.016	0.020	0.026	0.0032	0.002	0.14	13.29	0.42	<0.1	2.61	0.0069	0.12 (0.047)	0.27 (0.34)
" 2	0.028	0.021	0.027	0.0032	0.002	0.15	13.27	0.42	<0.1	2.61	0.0117	0.15 (0.077)	0.27 (0.34)
" 3	0.025	0.020	0.024	0.0018	0.002	0.13	13.18	0.43	<0.1	2.60	0.0070	0.14 (0.070)	0.28 (0.33)
" 4	0.029	0.020	0.027	0.0032	0.002	0.15	13.22	0.42	<0.1	2.60	0.0073	0.16 (0.090)	0.28 (0.33)
" 5	0.027	0.021	0.031	0.0034	0.002	0.17	13.08	0.41	<0.1	2.56	0.0075	0.17 (0.097)	0.27 (0.34)
" 6	0.028	0.023	0.030	0.0035	0.002	0.17	13.38	0.43	<0.1	2.63	0.0077	0.13 (0.057)	0.27 (0.34)
" 7	0.009	0.041	0.02	0.004	0.004	0.04	12.56	0.29	<0.1	2.76	0.018	0.174(0.104)	0.26 (0.33)
" 8	0.012	0.029	0.047	0.0017	0.007	0.23	14.09	1.01	0.31	<0.1	0.0347	0.186(0.132)	0.20 (0.25)
" 9	0.021	<0.05	0.04	0.003	0.006	0.02	12.38	0.35	<0.1	2.82	0.019	0.197(0.143)	0.20 (0.25)
備 考	$(Y_2O_3) = Y \times 1.27$ $(\text{Ex.O}) = O - Y \times 0.27$												

【0043】

★ ★【表3】

ODSフェライト鋼の成分分析値

符 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti	Mo	W	N	O (Ex.O)	Y (Y_2O_3)
発明鋼2	0.023	<0.1	0.03	0.002	0.004	0.02	12.64	0.35	<0.1	2.89	0.012	0.16 (0.106)	0.20 (0.25)
3	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.01	<0.2	12.88	0.39	<0.1	2.83	0.014	0.18 (0.145)	0.13 (0.17)
" 4	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.01	<0.2	12.91	0.39	<0.1	2.85	0.014	0.14 (0.094)	0.17 (0.22)
" 5	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.01	<0.2	12.88	0.39	<0.1	2.84	0.013	0.14 (0.091)	0.18 (0.23)
" 6	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.01	<0.2	12.86	0.39	<0.1	2.83	0.014	0.18 (0.131)	0.18 (0.23)
" 7	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.01	<0.2	12.82	0.39	<0.1	2.83	0.016	0.18 (0.103)	0.21 (0.27)
" 8	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.01	<0.2	12.83	0.39	<0.1	2.84	0.014	0.13 (0.071)	0.22 (0.28)
" 9	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.01	<0.2	13.40	0.40	<0.1	2.80	0.056	0.13 (0.090)	0.15 (0.19)
" 10	0.024	<0.05	0.09	0.003	0.005	0.01	11.33	0.33	<0.1	2.58	0.013	0.163(0.114)	0.18 (0.23)
備 考	$(Y_2O_3) = Y \times 1.27$ $(\text{Ex.O}) = O - Y \times 0.27$												

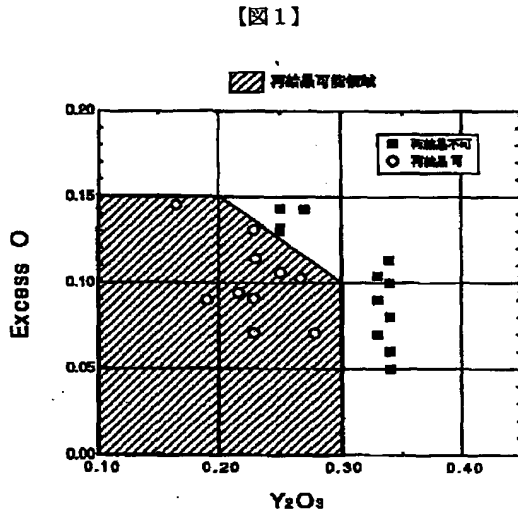
【0044】

50 【発明の効果】 以上のように、本発明によれば優れた耐

スエリング性と優れた内圧クリープ破断強度、周方向一様伸びを共に有する酸化物分散強化型フェライト鋼が提供できることから、高速増殖炉用の部材、特に、燃料被覆管のような700℃程度の高温で、しかも高い応力下で使用される部材の長寿命化を達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 過剰酸素量と Y_2O_3 により再結晶可能な領域を示した説明図である。

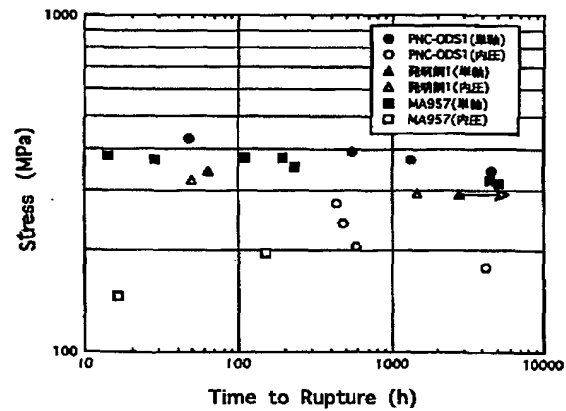


【図2】 従来鋼と発明鋼のクリープ破断強度を比較したグラフである。

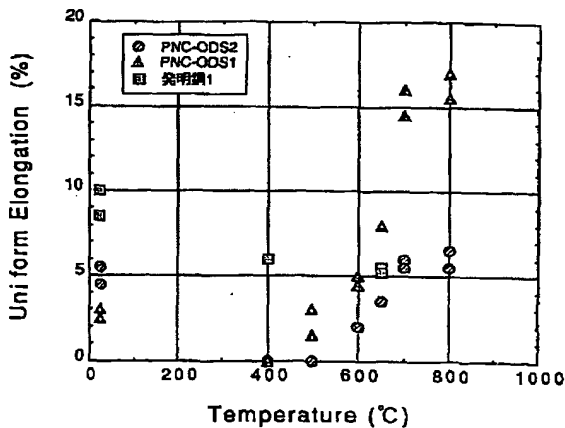
【図3】 従来鋼と発明鋼の周方向一様伸びを比較したグラフである。

【図4】 従来材と発明材の光学顕微鏡による顕微鏡金属組織図であり、図4(a)は、従来の竹状組織、図4(b)はその拡大図、図4(c)は本発明にかかる再結晶組織、そして図4(d)はその拡大図である。

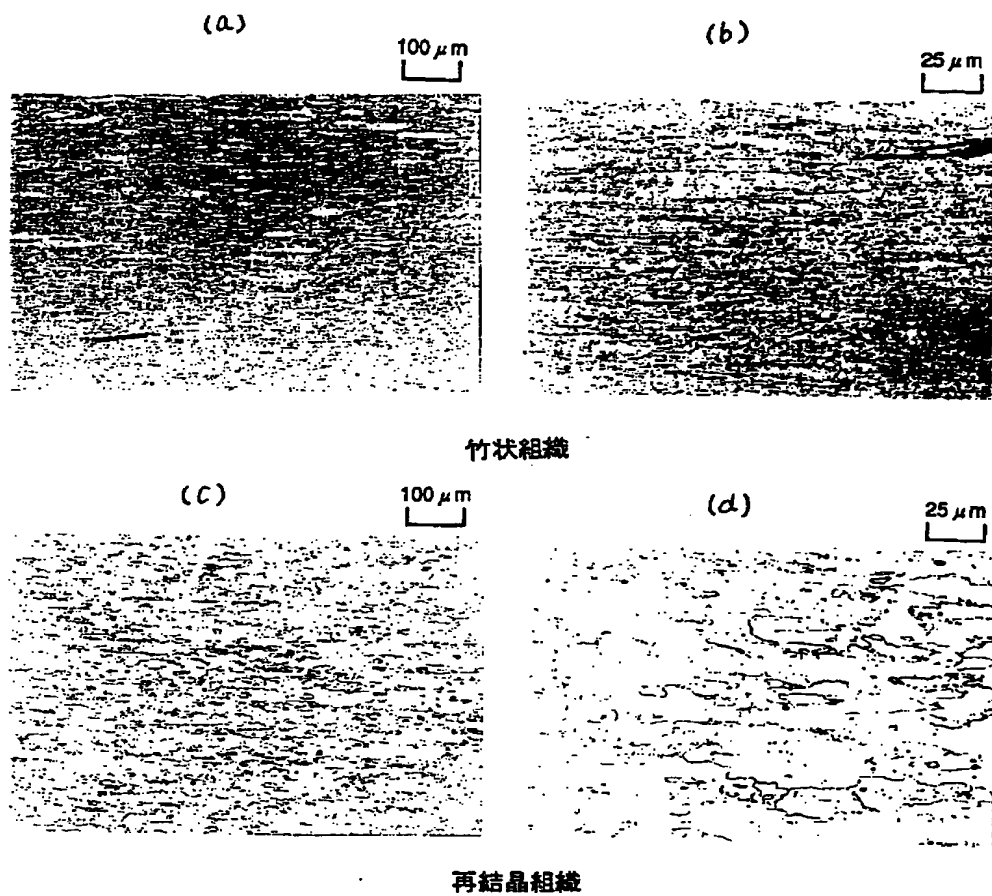
【図2】



【図3】



【図4】



【手続補正書】

【提出日】平成7年2月17日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

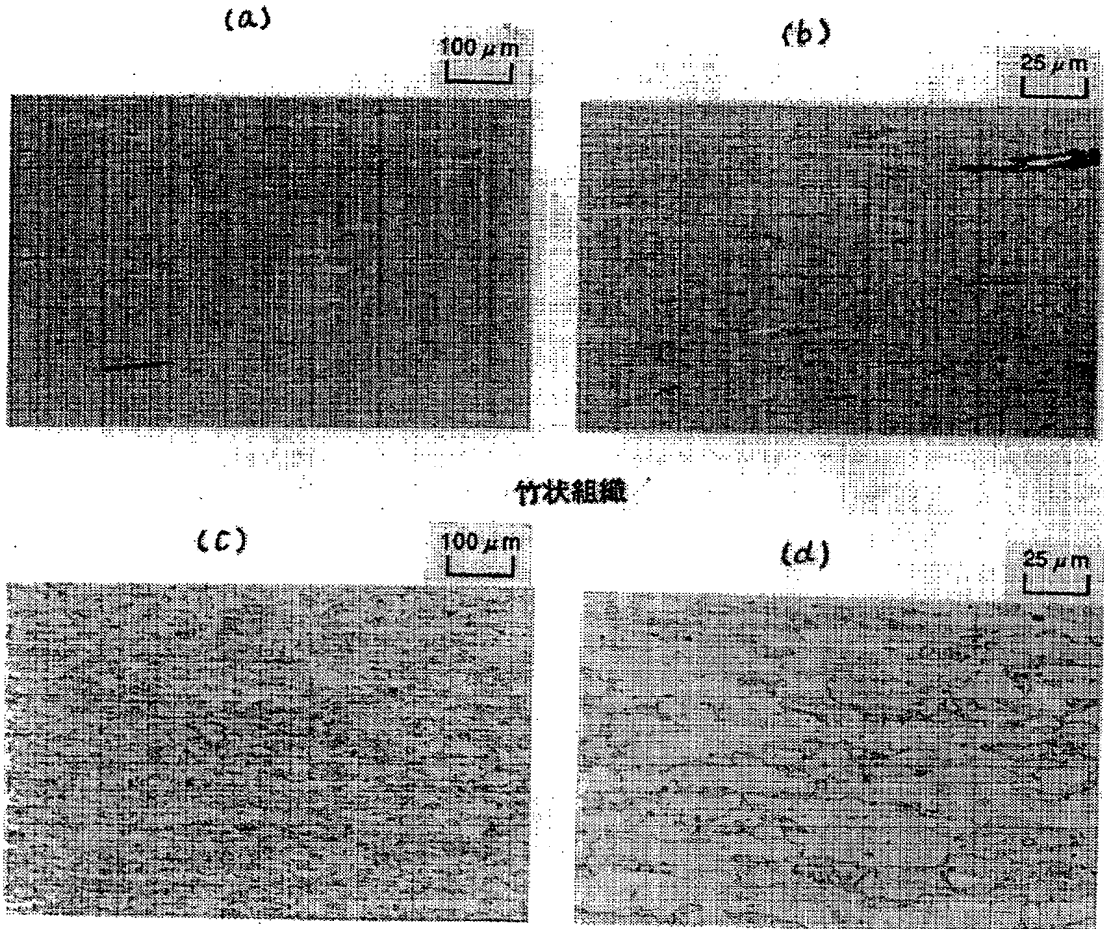
【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】

図面代用写真



竹状組織

再結晶組織

フロントページの続き

(72)発明者 鶴飼 重治

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 動力
炉・核燃料開発事業団大洗工学センター内

(72)発明者 井上 賢紀

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 動力
炉・核燃料開発事業団大洗工学センター内

(72)発明者 岡田 浩一

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 動力
炉・核燃料開発事業団大洗工学センター内

(72)発明者 西田 俊夫

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 動力
炉・核燃料開発事業団大洗工学センター内

(72)発明者 藤原 優行

兵庫県加古川市尾上町池田2222-1 株式
会社神戸製鋼所鉄鋼技術研究所内

(72)発明者 奥田 隆成

兵庫県加古川市尾上町池田2222-1 株式
会社神戸製鋼所鉄鋼技術研究所内

(72)発明者 阿佐部 和孝

大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金
属工業株式会社内

(72)発明者 山本 祐義

大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金
属工業株式会社内